

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Material für einen Zahnersatzteil nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Zahnersatzteile wurden während langer Zeit je nach ihrer Verwendung als Inlays, Onlays oder Brücken und je nach den im Einzelfall vertretbaren Kosten aus Amalgam, Gold oder Porzellan hergestellt. Bei Verwendung von Amalgam erfolgt die Formgebung in situ, das heisst im Mund des Patienten, indem die formbare Amalgammasse im unausgehärteten Zustand in die zu füllenden Kavitäten gebracht wird; auch ein gewisser Aufbau von Material ausserhalb von Kavitäten ist mit Amalgam möglich, wobei die Formgebung entweder in der Art einer Modellierung am formbaren Amalgam oder mit Schleifmitteln am ausgehärteten Amalgam stattfindet. Bei Verwendung von Gold oder Porzellan erfolgt die Formgebung durch den Zahntechniker, im allgemeinen nach einem vorher im Mund des Patienten hergestellten Modelles bzw. Duplikates des herzustellenden Zahnersatzteiles.

[0003] Da sowohl Amalgam wie auch Gold oder Porzellan nicht in jeder Beziehung befriedigende Ergebnisse zeitigen, wird seit einiger Zeit versucht, Zahnersatzteile aus Kunststoff herzustellen. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Haltbarkeit solcher Zahnersatzteile wesentlich verbessert werden kann, wenn der dazu verwendete Kunststoff mit Glasfasern verstärkt wird. Allerdings werden bis heute in der Zahnmedizin glasfaserverstärkte Kunststoffe nur wenig benutzt. Bekannte Zahnersatzteile werden mit Glasfaserbündeln hergestellt, die mit einem flüssigen, als Klebstoff wirkenden Kunststoff getränkt waren. Die Formgebung erfolgt manuell in der Art einer Modellierarbeit. Die physikalischen Eigenschaften solcher Zahnersatzteile sind infolge der manuellen Bearbeitungsschritte nicht gesichert, ausserdem kommt es bei den bekannten Materialien auch vor, dass während des Aushärtens Volumenveränderungen stattfinden.

[0004] Die erste Aufgabe der Erfindung wird somit darin gesehen, ein Material vorzuschlagen, mit welchem sich Zahnersatzteile herstellen lassen, die vorzugsweise automatisiert gefertigt werden können, die form- und volumenkonstant sind, und die Materialeigenschaften aufweisen, welche sich weder während der Bearbeitung noch im Gebrauch oder durch Alterung ändern.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Eigenschaften des erfindungsgemässen Materials werden durch die Patentansprüche 2 bis 4 definiert.

[0006] Das neue Material ist ein glasfaserverstärkter Kunststoff, aus welchem durch einen speziellen Spritzgussvorgang Körper hergestellt werden, die Rohlinge für die Zahnersatzteile bilden. Die Formgebung der Zahnersatzteile erfolgt dann durch spanabhebende

Bearbeitung, entweder in der Art einer Kopierfräsung oder mittels elektronisch gesteuerter Werkzeuge. Durch die Herstellung in einem speziellen Gussverfahren wird erreicht, dass die verstärkenden Glasfasern in der Kunststoffmasse je nach Bedarf angeordnet werden können. Nach der Aushärtungszeit sind die endgültigen physikalischen Eigenschaften des Materials erreicht, und diese ändern sich weder durch mechanische oder chemische Beanspruchung, noch während einer Bearbeitung, noch durch Alterung.

[0007] Als besonders geeigneter Kunststoff hat sich partiell aromatisches Polyamid erwiesen, dessen mechanische Eigenschaften durch die verstärkenden Glasfasern erhöht wird. So können beispielsweise ein Zug-E-Modul von 22 GPa und eine Brinellhärte von 280 MPa erreicht werden. Die Bruchlast beträgt ohne Verblendung etwa 1'150 N und kann mit Verblendung über 1'500 N erreichen. Zugleich ist dieses Material leicht; seine spezifische Masse beträgt etwa 1,7 g pro Kubikzentimeter, so dass es etwa 2,6 mal leichter ist als Titan, das schon als sehr leicht angesehen wird. Ausserdem ist es thermisch schlecht leitend, so dass aufgrund von Wärmeleitung entstehende Beschwerden der Patienten praktisch ausgeschlossen sind. Auch in ästhetischer Hinsicht ist das Material mehr als befriedigend; es ist transluzent, also lichtdurchlässig, und hat eine dem Zahnschmelz ähnliche Farbe.

[0008] Je nach der Verwendung des Rohlings zur Herstellung von Inlays, Kronen oder Brücken unterliegt das Material in seiner Endkonfiguration unterschiedlichen Arten von Beanspruchungen. Bei allseitig gleichen Beanspruchungen wird vorzugsweise ein Material verwendet, das isotrop oder mindestens quasiisotrop ist, worunter verstanden werden soll, dass es sich wie ein isotropes Material verhält. Dies kommt dadurch zustande, dass die Glasfasern im Kunststoff in ungeordneter Anordnung eingegossen sind.

[0009] Sind jedoch die Beanspruchungen, denen der Zahnersatzteil unterliegt, in gewissen Richtungen überwiegend, so wird vorzugsweise ein Material verwendet, das sich entsprechend anisotrop verhält. Ein solches kann erzeugt werden, indem die Glasfasern in gerichteter Anordnung eingegossen werden.

[0010] Die Erfindung betrifft im weiteren ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln der Form eines mit einem Zahnersatzteil zu versehenen Duplikates eines Restzahnbereiches nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 5 bzw. 12.

[0011] Zur Herstellung von Zahnersatzteilen aus Rohlingen mittels eines spanabhebenden Verfahrens muss die Form bzw. Brandung des mit Zahnersatzmaterial zu versehenen Restzahnbereichs bekannt sein. Der Restzahnbereich ist häufig ein einzelner Restzahn, der durch ein Inlay oder eine Krone ergänzt werden soll; in gewissen Fällen, wenn zum Beispiel Brücken angefertigt werden sollen, umfasst der Restzahnbereich mehrere Restzähne. Zu diesem Zwecke erfolgt herkömmlicherweise eine automatisierte Ermittlung

dieser Berandung, wozu sich verschiedene Verfahren eignen. Angewendet werden beispielsweise eigentliche Abtastverfahren sowie berührungsfreie, gewissermaßen optische Verfahren mit Linien-, Streifen- oder Musterprojektion, Holographie-Interferometrie, Graustufen-Auswertung, Abstandsmessung mittels verschiedenen Sensoren, Profilmessung und Tomographie-Röntgenbilderauswertung.

[0012] Da die Ermittlung der Form von Restzahnbereichen in situ, das heisst im Mund des Patienten, für diesen unangenehm und für den Zahnarzt mühsam ist und häufig nicht mit der erforderlichen Genauigkeit erfolgen kann, wird im allgemeinen zuerst ein Duplikat hergestellt und dann die Form des Duplikates des Restzahnbereiches erfasst. Aber auch diesem Verfahren hatten zwei wesentliche Nachteile an. Zum einen können Schattenzonen bzw. tote Winkel oder Hinterschnitte nicht erfasst werden, weil sie Abtastinstrumenten nicht zugänglich sind, bzw. weil bei berührungsfreien Verfahren die direkte Verbindungslinie von Strahlungsquelle bzw. Sensor einerseits und abzutastendem Bereich andererseits unterbrochen ist, und zwar im allgemeinen durch eine andere Partie des abzutastenden Körpers selbst. Zum anderen ist in gewissen Fällen das Ergebnis der Abtastung nicht genügend genau, da es je nach den Abmessungen des abzutastenden Objektes stark variiert; die Auflösung digitaler Messsensoren wird üblicherweise nicht in Längenmassen wie Millimetern oder Metern ausgedrückt sondern in Bildpartikeln, die als Pixel bezeichnet werden. Als tatsächliche Auflösung ist der Quotient aus Messfeld-Grösse und Pixel-Zahl definiert. Ein Sensor mit 1000 Pixel wird somit eine 10 mm lange Strecke mit einer Auflösung von 10 µm Ermitteln, eine Strecke von 100 mm, die möglicherweise aus einer Vielzahl von Teilstrecken besteht, jedoch nur mit einer Auflösung von 0,1 mm, was einem Zehntel der zuerst genannten Auflösung entspricht, wobei diese geringere Auflösung den Anforderung der Zahnmedizin nicht entspricht.

[0013] Es ist somit eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens aufzuzeigen, welche die Ermittlung der Form von Duplikaten von mit Zahnersatzteilen zu versehenden Restzahnbereichen unter Vermeidung der oben beschriebenen Nachteile ermöglichen.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der kennzeichnenden Teile der Patentansprüche 5 und 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Vorrichtung sind durch die abhängigen Patentansprüche 6 bis 11 bzw. 13 bis 19 definiert.

[0015] Die Erfindung gemäss den soeben erwähnten Patentansprüchen beruht auf folgenden Überlegungen: die Auflösung, mit der die einzelnen Bereiche der abzutastenden Berandungen erfasst werden, muss sehr hoch sein, während die relative Position dieser Bereiche nicht unbedingt mit einer gleich hohen Auflösung

gemessen werden muss. Bekannte Abformungsmethoden zur Herstellung eines Duplikates der abzutastenden Region genügen diesen Genauigkeitsanforderungen. Im Gegensatz zum Original, nämlich einem Bereich eines Gebisses, lässt sich ein Duplikat in mehrere Duplikatsabschnitte zerteilen, wonach die Form jedes einzelnen dieser Duplikatsabschnitte ermittelt wird. Bei geeigneter Abschnittseinteilung fallen die Probleme der Schattenzonen und Hinterschnitte weg. Beim erfindungsgemässen Verfahren werden nicht nur die Formen der Duplikatsabschnitte sondern auch, wie bei herkömmlichen Verfahren, die Form des Duplikates selbst ermittelt. Im einfachsten Fall ist es möglich, die entsprechenden Formen in einer einzigen relativen Anordnung zum Sensor mit genügender Genauigkeit zu ermitteln und anschliessend zu speichern.

[0016] Die bei der Ermittlung der Formen der einzelnen Duplikatsabschnitte ermittelten Duplikatsabschnittsdaten charakterisieren die einzelnen Partien des Restzahnbereichs in genauerer Weise als die Daten des gesamten Duplikates, hingegen lassen sich aus diesen Duplikatsabschnittsdaten die Relativlagen der einzelnen Duplikatsabschnitte nicht ermitteln; dies ist aber unerheblich, da die Genauigkeit der das gesamte Duplikat betreffenden Daten zur Bestimmung der Relativlagen der einzelnen Duplikatsabschnitte ausreicht.

[0017] Bei vorbekannten Verfahren erfolgt die Herstellung von Zahnersatzteilen gelegentlich durch direktes Kopieren in der Art von Kopierfräsen, was einer Analog-Verknüpfung entspricht. Dazu müssen die Daten, welche die Form des zu erzeugenden Zahnersatzteiles definieren, nicht notwendigerweise digitalisiert werden; auch wenn die zu ermittelnde Form des Restzahnbereiches sehr einfach ist oder wenn gewisse Ungenauigkeiten in Kauf genommen werden, und daher die Formermittlung nur in einer einzigen relativen Lage des Duplikates bzw. der Duplikatsabschnitte zum Sensor erfolgt, müssen die Daten, welche die ermittelten Formen charakterisieren, nicht unbedingt als digitale Werte gespeichert werden. Im allgemeinen ist es aber unumgänglich, zur Ermittlung der genauen Form des Restzahnbereiches die Duplikatsabschnitte und das gesamte Duplikat sukzessive in mehrere relative Anordnungen zum Sensor zu bringen, damit die Formen unter verschiedenen Winkeln vom Sensor erfasst werden können. Die ermittelten Daten müssen in diesem Fall als Digitaldaten gespeichert werden, damit anschliessend in einem sogenannten 3-dimensionalen Matching-Verfahren einerseits die unterschiedlichen Daten der einzelnen Duplikatsabschnitte und andererseits die unterschiedlichen Daten des Duplikates zusammengeführt, wodurch man ein präzises Abbild des Restzahnbereiches in digitaler Darstellung erhält. Die ermittelten Daten müssen deshalb digitalisiert werden, damit sie zur Bearbeitung durch eine elektronische Datenverarbeitungseinrichtung tauglich werden. Die elektronische

Datenverarbeitungseinrichtung erlaubt eine Akkumulation bzw. Speicherung von Daten mehrerer konsekutiv durchgeführter Teil-Ermittlungen z.B. aus verschiedenen Winkeln, und anschliessend eine 3D-Zusammenführung der Daten des Gesamt-Duplikates mit den Daten der Duplikatsabschnitte, so dass sich die Ermittlung der Form des Restzahnbereiches insgesamt mit sehr stark erhöhter Genauigkeit durchführen lässt. Eine Digitalisierung der Daten ist auch in Fällen, in denen ein 3D-matching nicht erforderlich ist, vorteilhaft, um die Daten in eine Form zu bringen, in welcher sie in einfacher Weise mittels einer EDV-Anlage bearbeitet werden können. Ausserdem ermöglicht die Digitalisierung der Daten, dass diese in einer Speichereinheit zur späteren Nutzung gespeichert werden können.

[0018] Wie schon erwähnt, sind, auch wenn mit gleicher Auflösung gearbeitet wird, die die Duplikatsabschnitte charakterisierenden Daten genauer als die das Duplikat charakterisierenden Daten. Eine hohe Genauigkeit für die letzteren wird ohnehin nicht benötigt. Es ist daher rationell, die das Duplikat charakterisierenden Daten in einem Verfahren mit geringerer Auflösung zu ermitteln als die die Duplikatsabschnitte charakterisierenden Daten.

[0019] Für das erfindungsgemässe Verfahren werden, wie erwähnt, einerseits das Duplikat und andererseits die Duplikatsabschnitte benötigt. Obwohl man zuerst die Form des Duplikates ermitteln und dieses anschliessend in Duplikatsabschnitte zerteilen kann, ist es doch rationeller, über zwei Duplikate zu verfügen, von denen eines zerteilt wird.

[0020] Beide Duplikate könnten primäre Duplikate sein, doch ist es für den Patienten angenehmer, wenn nur das erste Duplikat ein primäres Duplikat ist und das zweite Duplikat ein nach dem ersten Duplikat hergestelltes sekundäres Duplikat ist.

[0021] Im allgemeinen erfolgt die Zerteilung des Duplikates zahnweise.

[0022] Die Ermittlung der Formen der Duplikatsabschnitte wird vorzugsweise in der Reihenfolge durchgeführt, die die Duplikatsabschnitte im gesamten Duplikat einnehmen.

[0023] Um genaue Daten zu erhalten, erfolgt die Ermittlung der Form des Duplikates sowie jedes Duplikatsabschnittes vorzugsweise nicht nur in mehreren Ebenen sondern auch in mehreren relativen Winkellagen zum Sensor.

[0024] Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens umfasst Mittel zum Einspannen des Duplikats und der Duplikatsabschnitte, also eine Duplikatseinspannvorrichtung und eine Einspannvorrichtung zur Aufnahme von mindestens einem, vorzugsweise aber mehreren Duplikatsabschnitten. Im weiteren umfasst die erfindungsgemässe Vorrichtung eine Sensoreinrichtung, welche sich sowohl zur Ermittlung der Formen des Duplikates wie auch der Duplikatsabschnitte eignet. Die Mittel zum Einspannen des Duplikats und der Duplikatsabschnitte einerseits und

die Sensoreinrichtung andererseits sind relativ zueinander bewegbar. Schliesslich umfasst die Vorrichtung eine Speichereinheit zum Speichern der ermittelten Daten als digitale Grössen.

[0025] Als Sensoreinrichtung wird vorzugsweise eine berührungsfrei wirkende Sensoreinrichtung verwendet, vorzugsweise eine Lichtmusterquelle wie zum Beispiel eine Laserlinienquelle, welche mit einer digitalen Kamera gekoppelt ist.

[0026] Die Ermittlung der Daten kann in rationeller Weise erfolgen, wenn die Abschnitts-Einspannvorrichtung so ausgebildet ist, dass sie gleichzeitig mehrere Duplikatsabschnitte aufnehmen kann, und zwar vorzugsweise in derselben Reihenfolge und in annähernd derselben Lage, in der sie sich im Duplikat selbst befinden.

[0027] Zur Ermittlung genauer Daten ist es notwendig, dass sich die Sensoreinheit einerseits und die Duplikatsabschnitte sowie vorzugsweise auch das Duplikat andererseits relativ zueinander bewegen lassen. Es hat sich als günstig erwiesen, eine innerhalb der Vorrichtung ortsfeste Sensoreinrichtung und eine bewegliche die Duplikatseinspannvorrichtung sowie eine bewegliche Abschnittseinspannvorrichtung zu verwenden. Zu diesem Zweck werden die Duplikatseinspannvorrichtung und die Abschnittseinspannvorrichtung einzeln oder zusammen auf einem Tisch angeordnet, der über zwei orthogonale Führungen abgestützt ist, so dass er sich, motorisch angetrieben, längs dieser orthogonalen Richtungen verschieben kann. Dadurch lassen sich die Formen des Duplikates und der Duplikatsabschnitte in parallelen Ebenenscharen ermitteln.

[0028] Um die Formen des Duplikates und der Duplikatsabschnitte genauer und umfassender zu ermitteln, müssen diese für den Sensor in verschiedenen Winkellagen einsehbar sein. Damit dies möglich ist, werden die Duplikatseinspannvorrichtung und die Abschnittseinspannvorrichtungen so ausgebildet, dass sie, motorisch angetrieben, um eine Achse drehbar sind, welche im beispielsweise parallel zur Fläche des Tisches und meist, aber nicht zwingend, parallel zu einer der beiden orthogonalen Richtungen verläuft.

[0029] Zur Feststellung der Längslagen des Tisches und der Winkellagen der Duplikatseinspannvorrichtung und der Duplikatsabschnittsvorrichtung sind im allgemeinen entsprechende Positionsgeber, zum Beispiel Encoder-Einheiten, vorgesehen.

[0030] Schliesslich betrifft die Erfindung ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung von Zahnersatzteilen nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 20 bzw. 25 sowie eine Verwendung dieser Anlage nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 30.

[0031] Grundsätzlich umfasst die Herstellung eines Zahnersatzteiles - mit Ausnahme derjenigen Verfahren, bei denen nicht ein plastisch verformbares und später aushärtendes Material direkt in die zu füllende Kavität eines Zahnes oder auf einen Zahnrest gebracht wird, - zwei Teilvorgänge, nämlich erstens die Ermittlung der

Form des mit dem Zahnersatzteil zu versehenen Restzahnbereiches, welche die relevanten Zonen der Form des Zahnersatzteiles entspricht, und zweitens die Erzeugung des Zahnersatzteiles aufgrund der ermittelten Grössen.

[0032] Unter den relevanten Zonen werden jene Zonen verstanden, die bei der Montage im Munde des Patienten an noch vorhandenem Restzahnmaterial zur Anlage kommen. Andere Zonen, die nicht an Restzahnbereichen zur Anlage kommen, sollten zwar wenn möglich auch präzise gefertigt werden, nämlich so, dass sie der ursprünglichen Zahnform entsprechen; sie lassen sich zwar nach ihrer Montage durch Schleifen korrigieren, aber dadurch erreichte Präzision ist geringer als bei den relevanten Zonen.

[0033] Die Ermittlung der Form des herzustellenden Zahnersatzteiles und die tatsächliche Formgebung des Zahnersatzteiles werden herkömmlicherweise verknüpft, indem die ermittelten Werte zur Steuerung der Bearbeitungswerkzeuge verwendet werden. Dies kann, wie schon erwähnt, durch eine Art Kopierfräsen erfolgen. Aus der EP-0 376 873 ist ferner bekannt, eine Fräseereinrichtung an eine Abtastvorrichtung welche Ergebnisse in digitaler Form liefert. Diese werden gespeichert und zur Steuerung der Fräseereinrichtung benutzt.

[0034] Es ist somit eine weitere Aufgabe der Erfindung, die herkömmlichen Verfahren und die Anlagen zur Durchführung dieses Verfahrens so zu verbessern, dass die Herstellung der Zahnersatzteile schneller, genauer und vor allem unabhängig von handwerklichen Geschick eines Zahnarztes oder Zahntechnikers durchgeführt werden kann, und eine Verwendung der neuen Anlage aufzuzeigen.

[0035] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der kennzeichnenden Teile der Patentansprüche 20, 25 und 30 gelöst. Die Patentansprüche 21 bis 24 und 26 bis 29 definieren Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der erfindungsgemässen Anlage.

[0036] Während die Abtastvorrichtung gemäss der EP-0 376 873 manuell gesteuert wird und eine eigene Speichereinheit aufweist, und die bekannten Fräseereinrichtungen ebenfalls eine eigene Steuereinheit besitzen, erfolgt erfindungsgemäss die Ermittlung der Form des mit dem Zahnersatzteil zu versehenen Restzahnbereiches, kurz Formermittlung genannt, und die eigentliche Erzeugung des Zahnersatzteiles, indem man die Formermittlungsvorrichtung und eine Fräseereinrichtung über eine EDV-Anlage koppelt. Das neue Verfahren integriert somit die Formermittlung, die eigentliche Fertigung des Zahnersatzteiles und die Steuerung und Überwachung des gesamten Ablaufes.

[0037] Obwohl die Formermittlung des Restzahnbereiches grundsätzlich in jeder Weise durchgeführt werden kann, welche die entsprechenden Ergebnisse als Digitaldaten liefert, eignet sich das neue Verfahren besonders gut im Zusammenhang mit dem Verfahren

zur Formermittlung gemäss den entsprechenden Patentansprüchen.

[0038] Vorzugsweise erfolgt die Verbindung der Verfahrensschritte der Formermittlung und der eigentlichen Fertigung des Zahnersatzteiles in einer Weise, die es erlaubt, vor dem Verfahren gewisse verfahrensrelevante Angaben festzulegen und während des Verfahrensablaufs in das Verfahren einzugreifen, um zusätzliche Angaben vorzunehmen oder frühere Angaben zu verändern.

[0039] Die Durchführung des Verfahrens wird bedeutend erleichtert, wenn der gesamte Verfahrensablauf einschliesslich der Verfahrensvorbereitung und des Verfahrensergebnisses visualisierbar ist.

[0040] Zur Durchführung des Verfahrens wird vorzugsweise eine verfahrensspezifische Software benutzt.

[0041] Die neue Anlage umfasst eine Formermittlungsvorrichtung und eine Fräseereinrichtung bzw. eine andere geeignete Fertigungseinrichtung zur eigentlichen Fertigung des Zahnersatzteiles, sowie eine EDV-Einrichtung. Die EDV-Einrichtung koppelt die Formermittlungsvorrichtung mit der Fräseereinrichtung und umfasst auch die Speichereinheit für die Ergebnisse der Formermittlungsvorrichtung und die Steuereinheit zum Steuern der Fertigungseinrichtung. Die EDV-Anlage übernimmt somit nicht nur die Verbindung von Sensoreinrichtung und Fräseereinrichtung, sondern auch die Funktion der Steuereinheit der Formermittlungsvorrichtung sowie die Funktion der Steuereinheit der Fräseereinrichtung. In dieser neuen Kombination mit den drei seriellen Bausteinen Formermittlungsvorrichtung, EDV-Anlage und Fräseereinrichtung erfolgt also eine Konzentration aller Steuer- und Überwachungsvorgänge in der EDV-Anlage, so dass die Formermittlungsvorrichtung und die Fräseereinrichtung keine eigentlichen EDV-Einheiten besitzen müssen. Dies ist sowohl für die Herstellung wie auch für den Unterhalt der gesamten Anlage vorteilhaft und erlaubt es, die gesamte Herstellung des Zahnersatzteiles zentral zu steuern und zu überwachen.

[0042] Besonders geeignet zur Verwendung innerhalb der neuen Anlage ist die durch die entsprechenden Patentansprüche definierte Vorrichtung zur Ermittlung der Form des mit einem Zahnersatzteil zu versehenen Restzahnbereiches.

[0043] Vorzugsweise umfasst die EDV-Einrichtung der neuen Anlage eine Eingabeeinheit, im allgemeinen in Form einer Tastatur mit einer Maus oder einem Trackball. Die Eingabeeinheit dient insbesondere der Eingabe von Angaben vor und während der Formermittlung und der eigentlichen Fertigung des Zahnersatzteiles und erlaubt es auch, in ein laufendes Verfahren einzugreifen bzw. frühere Angaben zu korrigieren, die gleich oder in anderer Weise, beispielsweise ab Disketten oder CDs, gemacht wurden.

[0044] Die Bedienung der Anlage wird ausserordentlich erleichtert, wenn die EDV-Einrichtung eine Monitor-

einheit enthält, mittels welcher das gesamte Verfahren der Formermittlung und der eigentlichen Fertigung visualisiert werden kann.

[0045] Die zur Herstellung des Zahnersatzteiles notwendigen Anweisungen können einzeln via Eingabe-
einheit der EDV-Einrichtung für jeden Zahnersatzteil
oder für Gruppen von Zahnersatzteilen eingegeben
werden. Für eine rationelle Verwendung der Anlage
empfiehlt es sich aber, die EDV-Einrichtung mit einer
geeigneten Software auszustatten.

[0046] Die Software sollte das gesamte Wissen aller
Fachleute enthalten, die herkömmlicherweise mit der
Herstellung eines Zahnersatzteiles befasst sind, ins-
besondere das Wissen des Dentisten, der die Art des
herzustellenden Zahnersatzteiles bestimmt und die
Form des entsprechenden Restzahnbereiches ermit-
telt, des Zahntechnikers, des Werkstoffspezialisten, der
das Material für den Zahnersatzteil herstellt bzw. aus-
wählt, und des Maschinisten, dem die eigentliche Ferti-
gung des Zahnersatzteils obliegt. Dank der neuen
Software können alle diese und ggfs. weitere Vorgänge
durch eine Person ohne spezifisches Fachwissen
durchgeführt werden.

[0047] Die Anlage kann verwendet werden zur Her-
stellung von Zahnersatzteilen aus den verschiedensten
Materialien wie beispielsweise Metall, Keramik oder
Kunststoff, beispielsweise ein mit Glasfasern verstärkter
Kunststoff gemäss den Patentansprüchen 1 bis 4.

[0048] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfin-
dung werden im folgenden anhand der Beschreibung
und mit Bezug auf die Zeichnung ausführlich beschrie-
ben. Es zeigt:

- Fig. 1** einen Rohling aus dem erfindungsgemässen Material, in einem Schaubild;
- Fig. 2** den in Fig. 1 dargestellten Rohling in einem Schnitt;
- Fig. 3** ein Duplikat eines mit einem Zahnersatzteil zu versehenden Restzahnbe-
reich und eine Sensoreinrichtung, in vereinfachter schematischer Darstel-
lung;
- Fig. 4** ein primäres und ein sekundäres, teil-
weise in Abschnitte zerteiltes Duplikat eines Restzahnbereiches, in vereinfachter, schematischer Darstellung;
- Fig. 5** eine Sensoreinrichtung bei der Ermittlung der Form eines in einer
Abschnitts-Einspannvorrichtung eingespannte Duplikatsabschnittes, in vereinfachter, schematischer Darstellung;
- Fig. 6A-6D** das Formermittlungsraster für die
Duplikatsabschnitte, in einer Winkel-

lage des Duplikatsabschnittes, in vereinfachter, schematischer Darstellung;

- Fig. 7** die Sensoreinrichtung bei der Ermittlung der Form eines Duplikates, in vereinfachter, schematischer Darstellung;
- Fig. 8** das Formermittlungsraster für das Duplikat, in vereinfachter, schematischer Darstellung;
- Fig. 9A-9C** das 3D-matching in vereinfachter, schematischer Darstellung;
- Fig. 10** eine Vorrichtung zur Ermittlung der Form eines mit einem Zahnersatzteil zu versehenden Restzahnbereiches;
- Fig. 11A** eine Anlage zur Herstellung eines Zahnersatzteiles nach dem Stand der Technik, in schematischer Darstellung;
- Fig. 11B** eine Anlage zur Herstellung eines Zahnersatzteiles nach der Erfindung, in gleicher Darstellung wie Fig. 11A;
- Fig. 12** der Ablauf der Herstellung von Zahnersatzteilen in der Anlage nach der Erfindung, in schematischer Darstellung, und
- Fig. 13A-13D** Beispiele des visualisierten Ablaufs der Herstellung von Zahnersatzteilen.

[0049] **Fig. 1** zeigt einen Rohling 10 aus dem erfindungsgemässen Material, aus welchem sich mittels spanabhebender Bearbeitung ein Zahnersatzteil fertigen lässt. Der Rohling 10 kann, wie in **Fig. 1** dargestellt, in der etwaigen Grösse eines Zahnersatzteiles, mit entsprechenden Bearbeitungszuschlägen, oder in grösseren Abmessungen für mehrere Zahnersatzteile als Stange oder Block gegossen werden. Rohlinge in der ungefähren Grösse Zahnersatzteilen können direkt weiterverarbeitet werden.

[0050] Der Rohling 10 besteht aus einem geeigneten Kunststoff 12, der durch Abschnitte engegossener Glasfasern 14 verstärkt ist. Infolge der Herstellung durch ein spezielles Giessverfahren befinden sich die Glasfasern 14 im Kunststoff 12 gemäss **Fig. 2** je nach den Anforderungen an einzelne Zahnersatzteile in gerichteter oder ungerichteter Anordnung, so dass das Material als anisotrop bzw. isotrop bezeichnet werden kann und sich unter Beanspruchungen auch entsprechend verhält.

[0051] **Fig. 3** erläutert das Problem der Ermittlung der Form eines Duplikates 20 eines Restzahnbereiches bei Vorhandensein von Schattenzonen und Hinterschneidungen. Das dargestellte Duplikat 20 umfasst einen

Restzahnbereich mit zwei Zähnen 22 und 24. Die Bereiche 22.1 und 24.1 der Oberflächen der Zähne 22, 24, die an den schraffierten Bereich angrenzen, lassen sich bei der Ermittlung der Form durch eine Sensoreinrichtung 30 mit einer Lichtquelle 30.1 und einem Sensorteil 30.2 nicht erfassen, weil die Linien 32 und 34 durch die Zähne 22 bzw. 24 unterbrochen werden.

[0052] In Fig. 4 ist das Duplikat 20 in einer anderen Ausführung als in Fig. 3, nämlich mit drei Zähnen, dargestellt. Beim diesem Duplikat 20 handelt es sich um ein primäres Duplikat. Im weiteren ist in Fig. 4 ein sekundäres Duplikat 40 dargestellt, welches mittels einer als Säge dargestellten Trenneinrichtung in Duplikatsabschnitte 42, im vorliegenden Fall in die Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2 und 42.3 zerteilt wird.

[0053] Gemäss Fig. 5 werden die Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3 in gegenseitigen Abständen einzeln in Einheiten einer Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 im Wahrnehmungsbereich der Sensoreinrichtung 30 eingespannt. Die Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 lässt sich in Richtung der Doppelpfeile X und Y verschieben und die Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3 lassen sich in den Einheiten der Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 entsprechend dem Pfeil A beidsinnig drehen. Die Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3 befinden sich in der Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 in gleicher Reihenfolge wie im Duplikat 40, jedoch nicht in gleicher gegenseitiger Lage. Da die Abstände zwischen den Duplikatsabschnitten 42.1, 42.2, 42.3 grösser sind als im unzerteilten Duplikat 40, und da sich die Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 in der soeben beschriebenen Weise relativ zur Sensoreinrichtung 30 bewegen lässt, gibt es bei der Ermittlung der Form der Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3 keine nicht einsehbaren Zonen entsprechend den Bereichen 22.1 und 24.1 gemäss Fig. 3.

[0054] Die Fig. 6A bis 6D zeigen das Raster der Ermittlung der Formen der einzelnen Duplikatsabschnitte 42.1 bis 42.8, die in der Abschnitts-Einspannvorrichtung 44 angeordnet sind. Der Duplikatsabschnitt 42.1 wird gemäss Fig. 6A optisch und berührungsfrei vom Grund 43.1 zum freien Ende 43.2 in mehreren parallelen Ebenen 50 mit gegenseitigen Abständen von etwa 1 bis 30 µm abgetastet, und zwar erfolgt eine solche Abtastung in mehreren verschiedenen Winkellagen der Duplikatsabschnitte 42.1 bis 42.8. Nach der Abtastung des Duplikatsabschnitts 42.1 wird die Duplikats-Einspannvorrichtung 44 verschoben und es werden zuerst der Duplikatsabschnitt 42.2 und anschliessend, nach jeweiliger weiterer Verschiebung der Abschnitts-Einspannvorrichtung 44, die weiteren Duplikatsabschnitte 42.3 bis 42.8 in gleicher Weise abgetastet. In den Fig. 6B, 6C und 6D sind die Abtastvorgänge der Duplikatsabschnitte 42.2, 42.5 und 42.8 dargestellt.

[0055] Fig. 7 zeigt das Duplikat 20 während seiner Abtastung durch die Sensoreinrichtung 30. Wie die Duplikatsabschnitte 42 wird gemäss Fig. 8 auch das

Duplikat in mehreren Ebenen und unter mehreren Winkeln abgetastet.

[0056] Die Abtastung der einzelnen Duplikatsabschnitte 42 erfolgt mit hoher Auflösung und liefert als Ergebnis gemäss Fig. 9A ein verhältnismässig genaues Abbild der Form der Duplikatsabschnitte 42. Die Abtastung des Duplikats 20 selbst erfolgt mit einer Auflösung, die weit geringer ist als die Auflösung bei der Abtastung der Duplikatsabschnitte 42 und liefert als Ergebnis gemäss Fig. 9B ein viel ungenaueres Abbild des Duplikates 20, das aber ausreicht, um Ort und Lage der Duplikatsabschnitte 42 im Duplikat 20 auszumachen. In einem 3D-matching werden sodann die präzisen Ergebnisse der Abtastung der Duplikatsabschnitte 42 und die weniger präzisen Ergebnisse der Abtastung des Duplikats 20 zusammengeführt, wie dies in den Fig. 9A bis 9C schematisch dargestellt ist. Fig. 9A zeigt das Ergebnis der Abtastung der Duplikatsabschnitte 42, umfassend drei Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3, in gleicher Reihenfolge wie im Duplikat 20 jedoch in anderer gegenseitiger Lage als im Duplikat 20, und zwar mit Einzelheiten der Formen. Fig. 9B zeigt das Ergebnis der Abtastung des Duplikats 20, in welcher die gegenseitige Lage der drei Duplikatsabschnitte 42.1, 42.2, 42.3 erkennbar ist, während die Einzelheiten der Formen fehlen. Fig. 9C schliesslich zeigt das Ergebnis des 3D-matching.

[0057] In Fig. 10 ist eine Vorrichtung 60 zum Ermitteln der Form des Duplikates 20 dargestellt. Diese umfasst die Sensoreinrichtung 30.1, 30.2, die Duplikats-Einspannvorrichtung 28 und die Abschnittseinspannvorrichtung 44. Die beiden Einspannvorrichtungen 28 und 44 sind auf einem Tisch 64 angeordnet, welcher über orthogonale Gleitführungen 62 abgestützt ist und sich in Richtung der Doppelpfeile X und Y verschieben lässt. Im weiteren sind Motoren 66 und 3 vorgesehen, mittels welchen sich der Tisch 64 längs der parallelen Führungen 62 bewegen lässt. Ein weiterer Motor 67 ermöglicht die Rotation der Duplikatsabschnitte 42.1 bis 42.8 in Richtung des Doppelpfeiles A und die Rotation der Duplikats-Einspannvorrichtung 28 in Richtung des Doppelpfeiles B.

[0058] Fig. 11A zeigt schematisch eine Anlage 101 zur Herstellung eines Zahnersatzteiles, welche aus drei herkömmlichen Bausteinen zusammengestellt ist, nämlich erstens aus einer Formermittlungsvorrichtung 110 mit einer Speichereinheit 112 zum Ermitteln der Form eines Duplikates eines mit dem Zahnersatzteil zu versenden Restzahnbereiches und zum Speichern der Ergebnisse der Formermittlung, zweitens aus einer EDV-Einrichtung 117 und drittens aus einer Fertigungsmaschine 114, im allgemeinen eine Fräseineinrichtung und/oder eine Schleifeineinrichtung umfassend, mit einer Steuereinheit 116, welche Fertigungsmaschine 114 zur eigentlichen Fertigung des Zahnersatzteiles dient.

[0059] Fig. 11B zeigt eine entsprechende Anlage 102 nach der Erfindung. Auch diese Anlage umfasst eine Formermittlungsvorrichtung 110 zum Ermitteln der

Form eines Duplikates eines mit dem Zahnersatzteil zu
versehenden Restzahnbereiches, eine Speichereinheit
112 zum Speichern der Ergebnisse der Formermittlung,
eine EDV-Einrichtung 118 und eine Fertigungsma-
schine 114 zur eigentlichen Fertigung des Zahnersatz-
teils und eine Steuereinheit 116 für die
Fertigungsmaschine 114.

[0060] Bei der Anlage 101 gemäss Fig. 11A gehören
die Speichereinheit 112 zur Formermittlungsvorrichtung
110 und die Steuereinheit 116 zur Fertigungsmaschine
114; die Formermittlungsvorrichtung 110 und die Ferti-
gungsmaschine 114 sind durch die EDV-Einrichtung
117 gekoppelt; bei einer solchen Anordnung muss der
Bediener im allgemeinen mehrere Eingabeeinheiten
und ggfs. mehrere Monitore im Auge haben. Bei der
erfindungsgemässen Anlage 102 gemäss Fig. 11B sind
die Formermittlungsvorrichtung 110 und die Fertigungs-
maschine 114 durch die EDV-Einrichtung 118 gekop-
pelt, welche auch die Speichereinheit 112 und die
Steuereinheit 116 umfasst; bei der neuen Anlage hat
daher der Bediener die Möglichkeit, sich auf eine Eing-
abeeinheit und einen Monitor zu konzentrieren.

[0061] In Fig. 12 ist die Wirkungsweise der neuen
Anlage 102 schematisch dargestellt. Die Formermitt-
lungsvorrichtung 110 dient zur Ermittlung der Form des
Duplikates bzw. der Duplikatsabschnitte 42 des Rest-
zahnbereiches, der mit einem Zahnersatzteil 143 zu
versehen ist. Die Ergebnisse, welche die Formermitt-
lungsvorrichtung 110 liefert, werden als Digitaldaten DD
gespeichert. Die eigentliche Fertigung des Zahnersatz-
teils 143 findet in der Fräseleinrichtung 114 statt. Die
Steuerung der Formermittlungsvorrichtung 110 und der
Fräseleinrichtung 114 sowie das weiter oben beschrie-
bene 3D-matching und die Speicherung der Ergebnisse
der Formermittlung erfolgen mittels der EDV-Einrich-
tung 118, welche eine spezifische Software 119 enthält.
Die EDV-Einrichtung 118 ist durch eine Eingabeeinrich-
tung 120 und eine Monitoreinrichtung 122 ergänzt. Die
Software 119 enthält das fachübergreifende Basiswis-
sen B, welches zur Herstellung des Zahnersatzteiles
143 notwendig ist, die in Form von Basisdaten BD ein-
gegeben wurde. Wünsche und Angaben V des Bedie-
ners bzw. Verwenders der Anlage 102 werden mittels
der Eingabeeinheit 120 in Form von Verwenderdaten
VD eingegeben. Aus den Digitaldaten DD, den Basisda-
ten BD und den Verwenderdaten VD ermittelt die EDV-
Einrichtung 118 mit Hilfe der Software 119 Fertigungs-
daten FD, mit welchen der gesamte Vorgang der eigent-
lichen Fertigung des Zahnersatzteiles 143 in der
Fertigungsmaschine bzw. Fertigungsmaschine 114
gesteuert wird.

[0062] Einzelheiten betreffend die Software 119 sind
in den Fig. 13A bis 13D dargestellt. Die Software 119
umfasst unter anderem gewisse nicht im Zusammen-
hang mit einzelnen Zahnersatzteilen stehende grundle-
gende Daten, insbesondere Daten betreffend zur
Verfügung stehende Materialien für Zahnersatzteile und
Eigenschaften dieser Materialien, Daten betreffend

durch die Fertigungsmaschine durchführbare Ferti-
gungsvorgänge, die dabei verwendbaren Werkzeuge
und die Art und Weise von deren Einsatz, wozu Daten
über Zustellwinkel, Rotations- und Vorschubgeschwin-
digkeiten und tolerierbare Abnutzung gehören. Die Soft-
ware greift automatisch auf diese Daten zurück, ohne
dass der Bediener bzw. Verwender der Anlage etwas
davon verstehen muss oder bemerkt. Ferner führt die
Software den Bediener bei der Ermittlung der Formen
des Zahnersatzteiles, berechnet das 3D-matching und
dient generell als Zwischen- und Endspeichereinheit für
die Formermittlungseinrichtung. Die Software führt
auch bei der Eingabe von Wünschen aller Art, mit wel-
chen im allgemeinen eine Auswahl zwischen verschie-
denen Optionen getroffen wird oder eine vorbestimmte
Auswahl vor oder während des gesamten Verfahrens
abgeändert werden kann. Im weiteren dient die Soft-
ware zur Festlegung der Fertigungsdaten zuhanden der
Fertigungsmaschine. Schliesslich dient die Software
auch dazu, Vorgänge im Bereich der Vorbereitung und
Beendigung des Verfahrens sowie im Sinne der Archi-
vierung einzelner Verfahren durchzuführen.

[0063] Fig. 13A zeigt das Bild, das zu Beginn der Her-
stellung des Zahnersatzteiles auf dem Monitor
erscheint, und das im wesentlichen so aussieht wie eine
Patientenkarte einer Kartei. Diejenigen Angaben, die
sonst schriftlich bzw. zeichnerisch auf der Patienten-
karte festgehalten werden, werden nun über die Tasta-
tur eingegeben, von der Software ausgewertet und im
späteren Verlauf des Verfahrens benützt. Die anschlies-
send durchzuführenden Schritte werden dann selbsttä-
tig aufgerufen und dadurch der Bediener geführt.
Gemäss Fig. 13A ist der herzustellende Zahnersatzteil
eine Brücke.

[0064] Als Beispiel zeigen die Fig. 13B, 13C und 13D
die Vorgänge bei der Herstellung einer Krone.

[0065] Die mit Bezug auf die Fig. 1 bis 13 erläuterten
Verfahrensschritte, Vorrichtungen und Vorrichtungsbe-
standteile bzw. Anlagen und Anlagenbestandteile sind
ausdrücklich nur als Beispiele angeführt. Der Rahmen
der Erfindung umfasst aber zu allen Einzelheiten zahl-
reiche weitere Varianten.

Patentansprüche

1. Material für einen Zahnersatzteil aus mit Glasfa-
sern (14) verstärktem Kunststoff (12),
dadurch gekennzeichnet,
dass es durch ein Spezial-Spritzgiessverfahren als
Rohling (10) hergestellt ist, der zur Herstellung der
Zahnersatzteile mittels spanabhebender Verfahren
bearbeitbar ist, wobei das Material bei seiner Bear-
beitung und im Gebrauch seine Materialeigen-
schaften beibehält und einen form- und
volumenstabilen Zahnersatzteil bildet.
2. Material nach Patentanspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Kunststoff (12) ein partiell aromatisches Polyamid ist.

3. Material nach mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Glasfasern (14) in ungerichteter Anordnung im Kunststoff (12) eingegossen sind.
4. Material nach mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Glasfasern (14) in gerichteter Anordnung im Kunststoff (12) eingegossen sind.
5. Verfahren zur Ermittlung der Form eines mit einem Zahnersatzteil (143) zu Versehenden Duplikats (20) eines Restzahnbereichs, wobei die Form des Duplikats (20) ermittelt und die dabei ermittelten Daten gespeichert werden,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Duplikat (20) in Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) zertrennt wird;
 - dass die Form der Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) einzeln ermittelt werden und die dabei ermittelten Daten gespeichert werden; und
 - dass die Daten des Duplikats (20) und die Daten der Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) zusammengeführt werden.
6. Verfahren nach Patentanspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Form der Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) und Vorzugsweise auch die Form des Duplikats (20) unter verschiedenen Winkeln erfasst und die ermittelten Daten als Digitaldaten (DD) gespeichert und mittels eines 3D-matching-Verfahrens zusammengeführt werden.
7. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ermittlung der Form des Duplikates (20) mit geringerer Genauigkeit erfolgt als die Ermittlung der Form jedes Duplikatsabschnittes (42.1 bis 42.8).
8. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zweites Duplikat (40) hergestellt wird, wonach eines der beiden Duplikate (20 oder 40) in die Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) zerteilt wird.
9. Verfahren nach Patentanspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Duplikat (40) sekundär aufgrund

des ersten Duplikates (20) hergestellt wird.

10. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zerteilung des Duplikats (40) in die Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) zahnweise bzw. zahnguppenweise erfolgt.
11. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) in derjenigen Reihenfolge abgetastet werden, die sie im unzerteilten Duplikat (40) eingenommen haben.
12. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ermittlung der Form des Duplikates (20) und jedes der Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) unter mehreren Winkellagen und in jeder Winkellage in einer Vielzahl paralleler Ebenen erfolgt.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 12,
 - mit einer Duplikats-Einspannvorrichtung (28) für das Duplikat (20), dessen Form zu ermitteln ist,
 - mit einer Sensoreinrichtung (30) zum Ermitteln der Form des Duplikates (20), wobei die Duplikats-Einspannvorrichtung (28) und die Sensoreinrichtung (30) relativ zueinander bewegbar sind, und
 - mit einer Speichereinheit (112) zum Speichern der ermittelten Daten des Duplikates (20),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorrichtung
 - eine Abschnitts-Einspannvorrichtung (44) für mindestens einen Duplikatsabschnitt (42.1 bis 42.8) besitzt, um den Duplikatsabschnitt (42.1 bis 42.8) während der Ermittlung seiner Form zu halten und relativ zur Sensoreinrichtung (30) zu bewegen,
 - dass die Sensoreinrichtung (30) zum Ermitteln der Form des mindestens einen Duplikatsabschnittes (42.1 bis 42.8) ausgebildet ist, und
 - dass die Speichereinheit (112) zum Speichern der ermittelten Daten des mindestens einen Duplikatsabschnittes (42.1 bis 42.8) ausgebildet ist.
14. Vorrichtung nach Patentanspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensoreinrichtung (30) eine berührungsfrei wirkende Sensoreinrichtung ist, vorzugsweise eine Lichtmusterquelle (30.1), welche mit einer digi-

talen Kamera (30.2) fest gekoppelt ist.

15. Vorrichtung nach mindestens einem der Patentansprüche 13 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie so ausgebildet ist, dass die Ermittlung der Form der Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) mit höherer Genauigkeit durchführbar ist als die Ermittlung der Form des Duplikates (20).

16. Vorrichtung nach mindestens einem der Patentansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abschnitts-Einspannvorrichtung (44) Einspanneinheiten für mehrere Duplikatsabschnitte (42.1 bis 42.8) besitzt.

17. Vorrichtung nach mindestens einem der Patentansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Duplikats-Einspannvorrichtung (28) und die Abschnitts-Einspannvorrichtung (28) auf einem Tisch (64) angeordnet sind, welcher auf zwei orthogonalen Gleitführungen (62) verschiebbar gelagert ist.

18. Vorrichtung nach mindestens einem der Patentansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Duplikats-Einspannvorrichtung (28) und die Einspanneinheiten der Abschnitts-Einspannvorrichtung (44) um, vorzugsweise parallel zur Fläche des Tisches (64) verlaufende, Achsen drehbar sind.

19. Vorrichtung nach mindestens einem der Patentansprüche 13 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie Positionsmesssysteme, wie beispielsweise Encoder-Einheiten oder Massstäbe, zur Überwachung der Längslagen des Tisches (64) in den zwei orthogonalen Verschiebungsrichtungen und der Drehlagen der Einspannvorrichtungen (28, 44) besitzt.

20. Verfahren zur Herstellung eines Zahnersatzteiles, wobei

- die Form eines mit dem Zahnersatzteil zu versehenen Restzahnbereichs ermittelt wird,
- die ermittelten Daten als Digitaldaten gespeichert werden, und
- der Zahnersatzteil aufgrund der gespeicherten Digitaldaten durch spanabhebende Bearbeitung eines Rohlings gefertigt und dabei
- die Fertigung anhand der gespeicherten Digitaldaten gesteuert wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Überwachung der Ermittlung der

Form des Restzahnbereiches und eine Überwachung der Fertigung des Zahnersatzteiles mit der Speicherung der ermittelten Digitaldaten und der Steuerung der Fertigung des Zahnersatzteiles in apparativer Kombination durchgeführt werden.

21. Verfahren nach Patentanspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ermittlung der Form des Restzahnbereiches gemäss dem Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 5 bis 12 durchgeführt wird.

22. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 20 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verfahren betreffende Angaben und/oder Änderungen solcher Angaben vor dem Verfahren und/oder während des Verfahrens festgelegt werden können.

23. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 20 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorbereitung, der Ablauf und das Ergebnis des Verfahrens visualisiert werden.

24. Verfahren nach mindestens einem der Patentansprüche 20 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verfahren mit Hilfe einer spezifischen Software durchgeführt wird.

25. Anlage (102) zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Patentansprüche 20 bis 24, umfassend

- eine Formermittlungsvorrichtung (110) zur Ermittlung der Form von Duplikaten (20, 42.1 bis 42.8) von mit Zahnersatzteilen zu versehenen Restzahnbereichen,
- eine Speichereinheit (112) zum Speichern von die Form definierenden Daten als Digitaldaten (DD),
- eine Fertigungsmaschine (114) zur Fertigung des Zahnersatzteiles (143) aus einem Rohling (10) und
- eine Steuereinheit (116) zum Steuern der Fertigungsmaschine (114),
- wobei die Formermittlungsvorrichtung (110) und die Fertigungsmaschine (114) über eine EDV-Einrichtung gekoppelt sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der die Formermittlungsvorrichtung (110) und die Fertigungsmaschine (114) koppelnden EDV-Einrichtung (118) die Speichereinheit (112) und die Steuereinheit (116)

integriert sind.

26. Anlage (102) nach Patentanspruch 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Formermittlungsvorrichtung (110) eine
Vorrichtung nach mindestens einem der Patentan-
sprüche 13 bis 19 ist. 5
27. Anlage (102) nach mindestens einem der Patent-
ansprüche 25 bis 26,
dadurch gekennzeichnet,
dass die EDV-Einrichtung (118) eine Eingabeein-
heit (120) umfasst, um für die Herstellung des
Zahnersatzteiles (143) relevante Daten (VD) einzu-
geben. 10 15
28. Anlage (102) nach mindestens einem der Patent-
ansprüche 25 bis 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass die EDV-Anlage (118) eine Monitoreinheit 20
(122) umfasst.
29. Anlage nach mindestens einem der Patentansprü-
che 25 bis 28,
dadurch gekennzeichnet,
dass die EDV-Anlage (118) Software (119) zur Her-
stellung von Zahnersatzteilen (143) enthält, welche
eine Datenbank mit Daten (BD) aus fachübergrei-
fendem Basiswissen und ein Programm für die
Erzeugung von Daten (FD) für die Fertigung der
Zahnersatzteile (143) umfasst. 25 30
30. Verwendung der Anlage (102) nach mindestens
einem der Patentansprüche 21 bis 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Zahnersatzteil (143) aus Metall, Keramik,
Kunststoff oder einem anderen geeigneten Material
hergestellt wird. 35

40

45

50

55

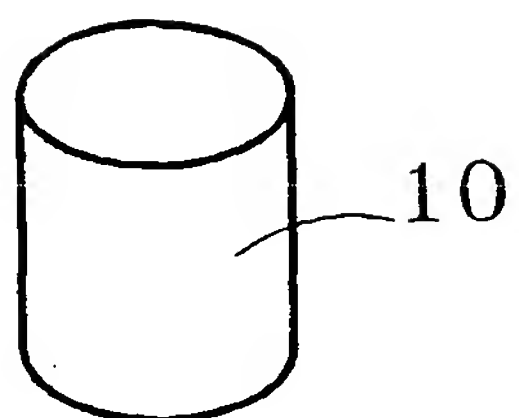


Fig. 1

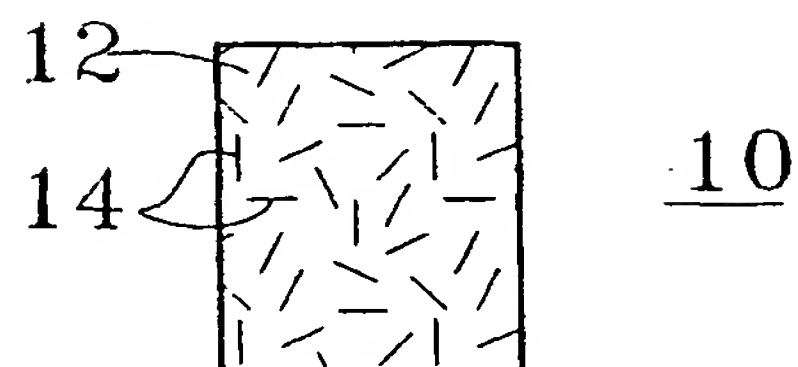


Fig. 2

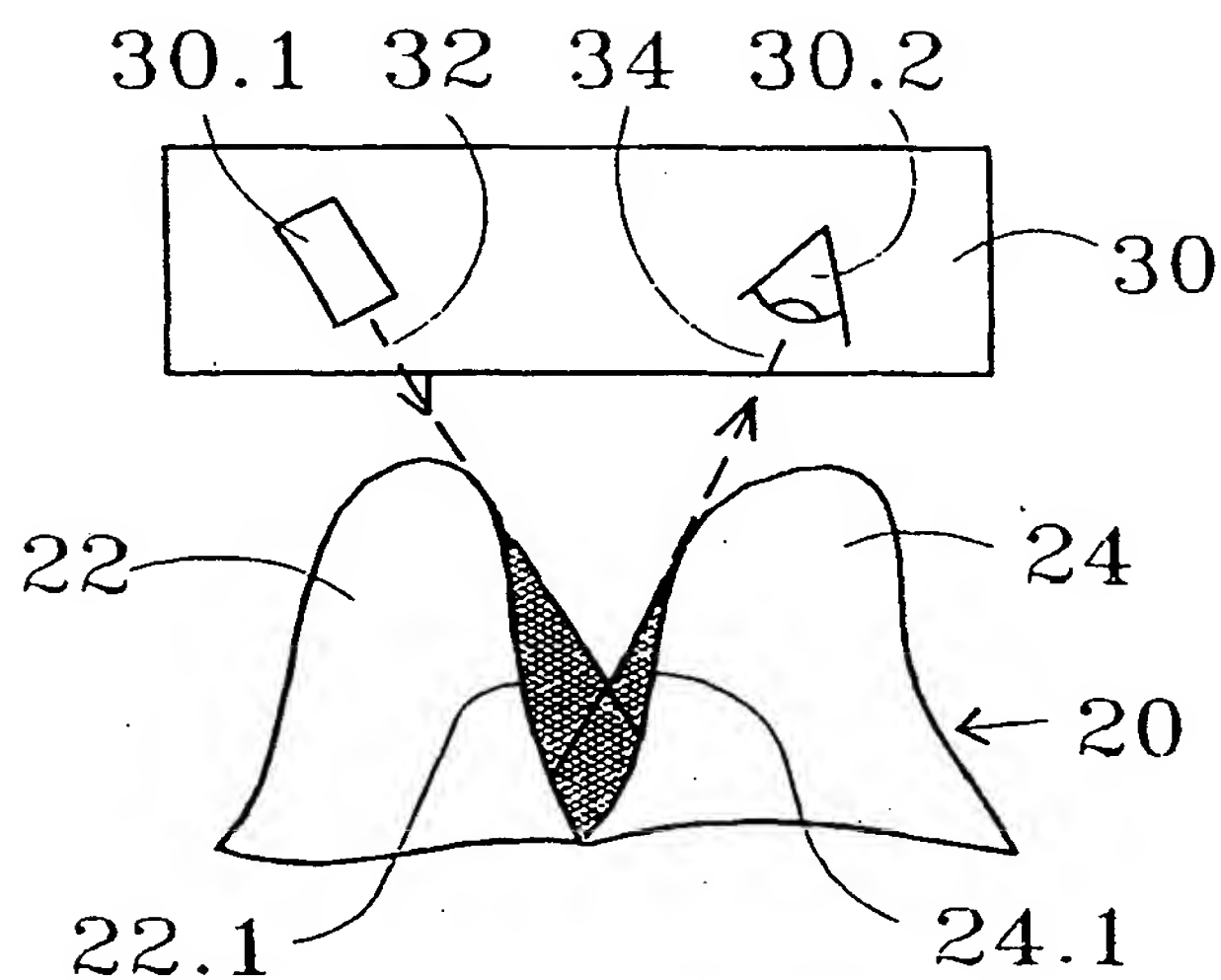


Fig. 3

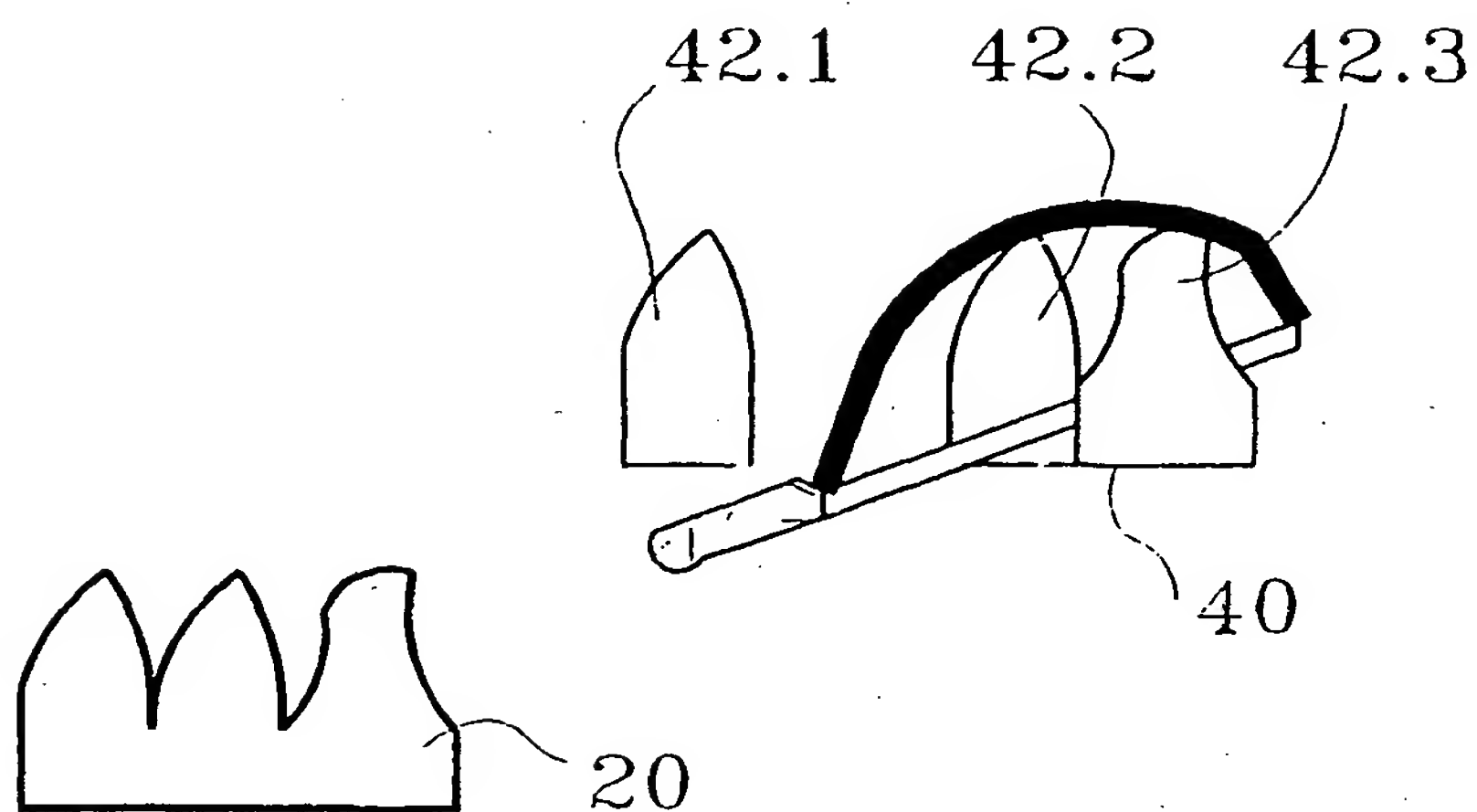
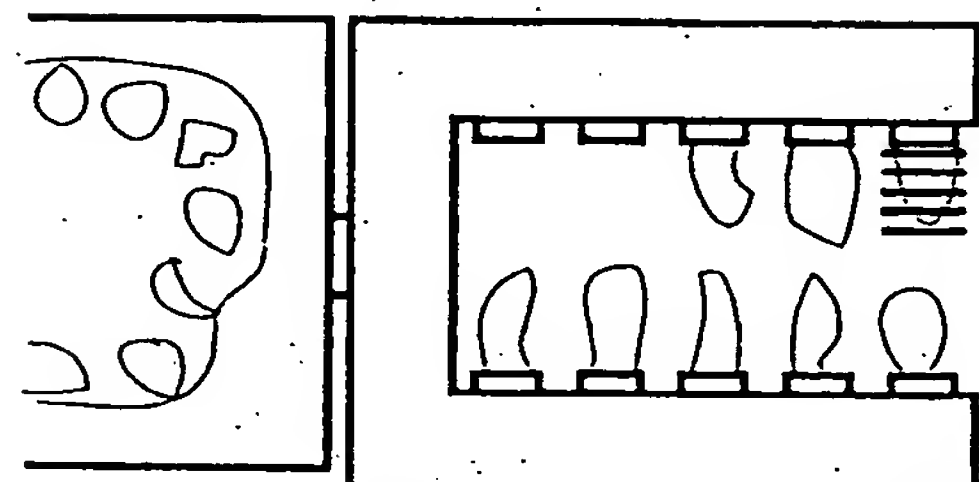
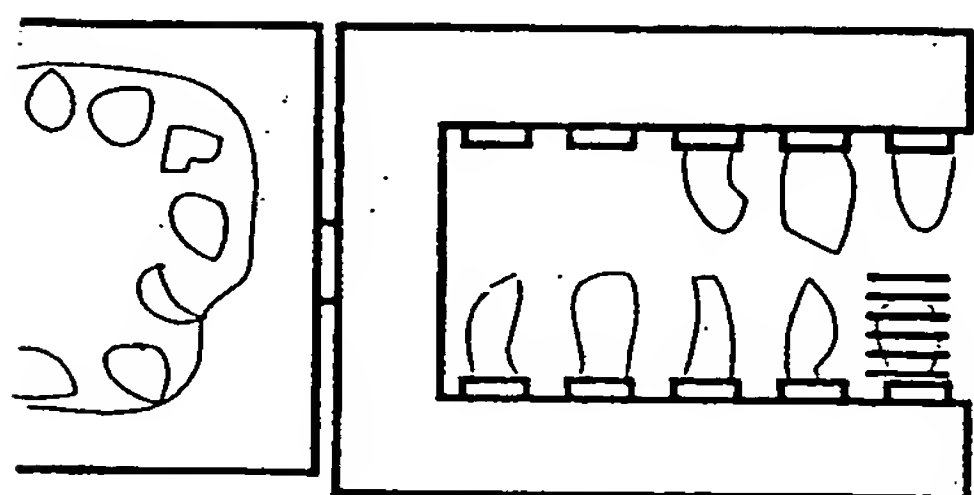
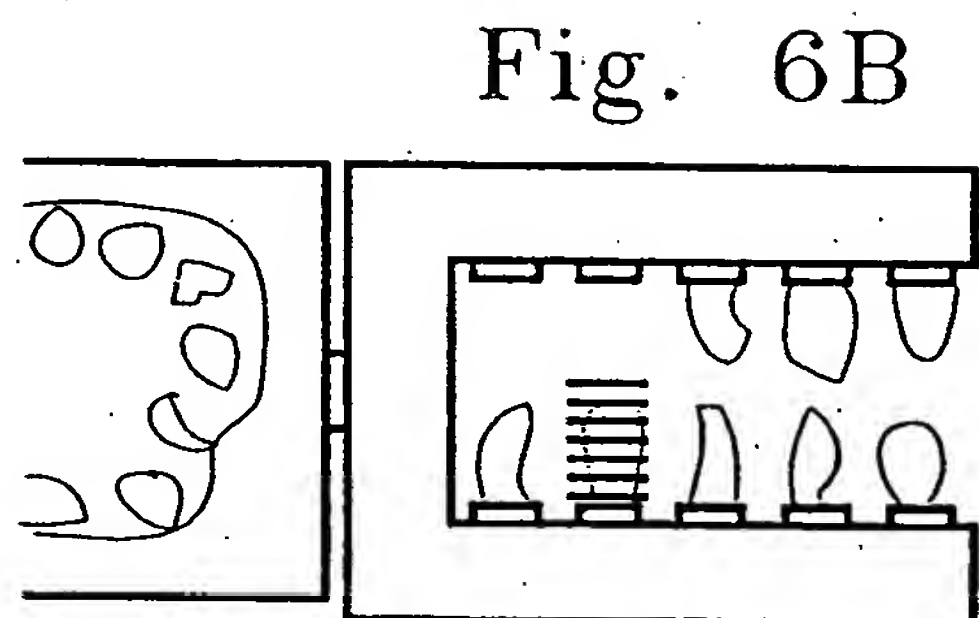
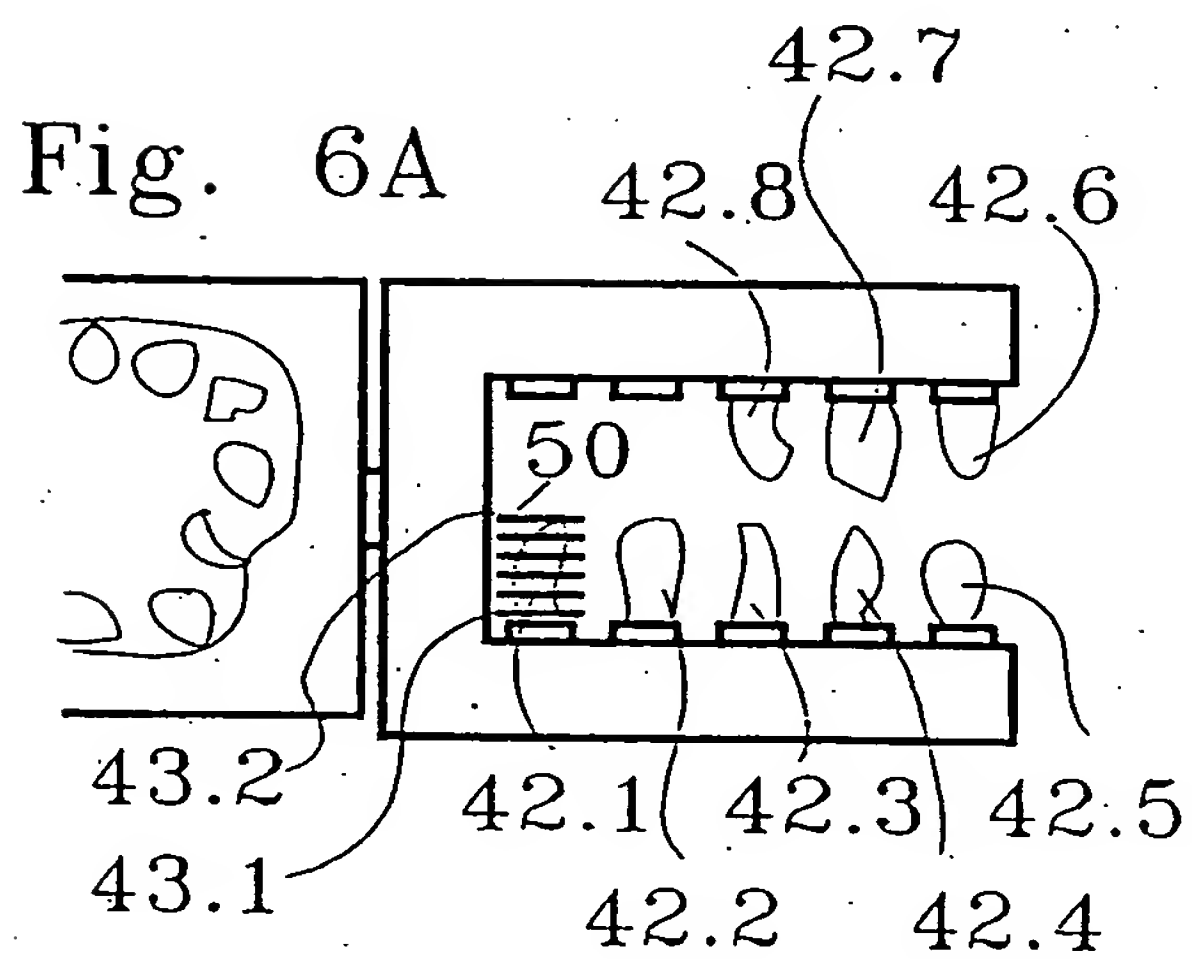
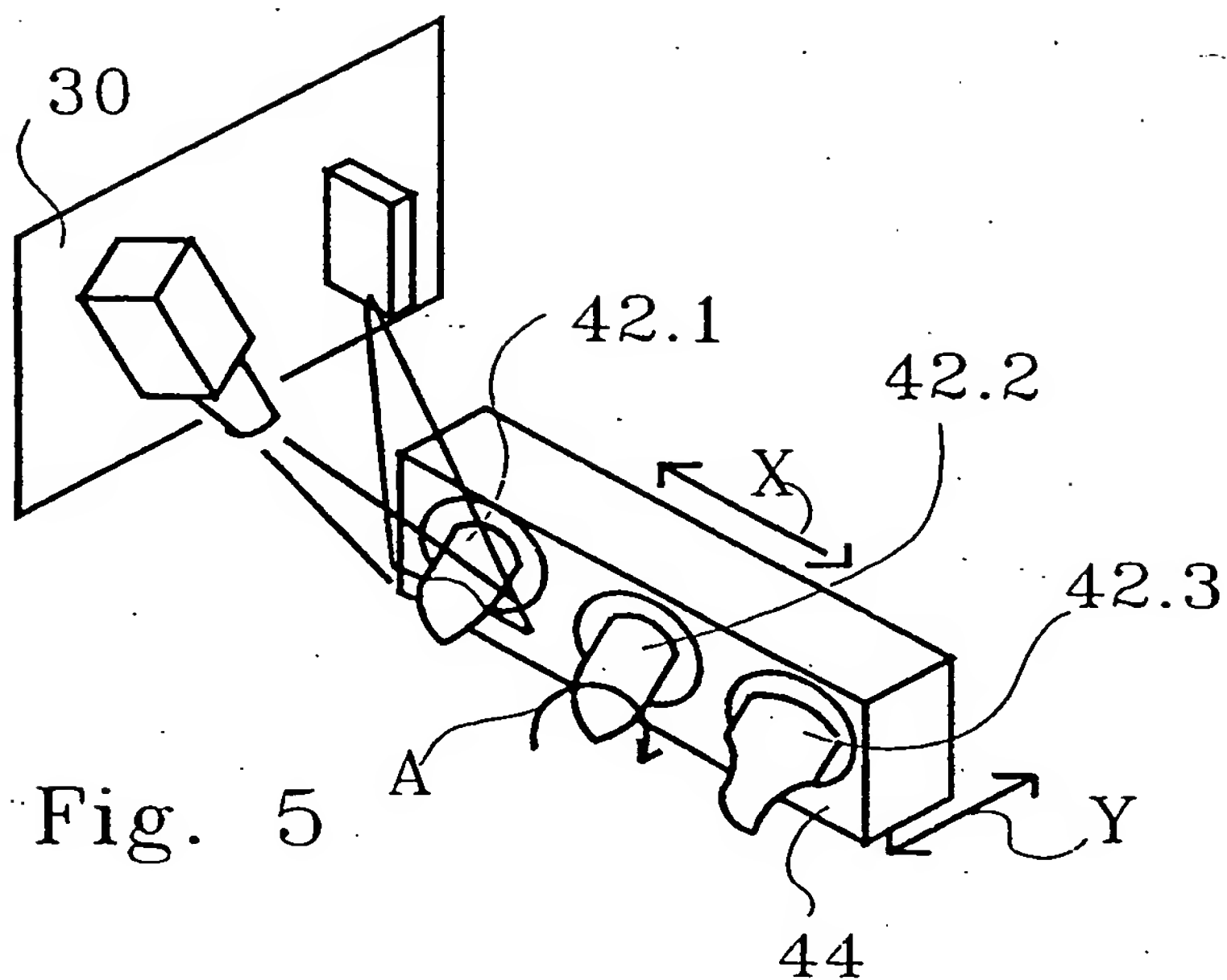
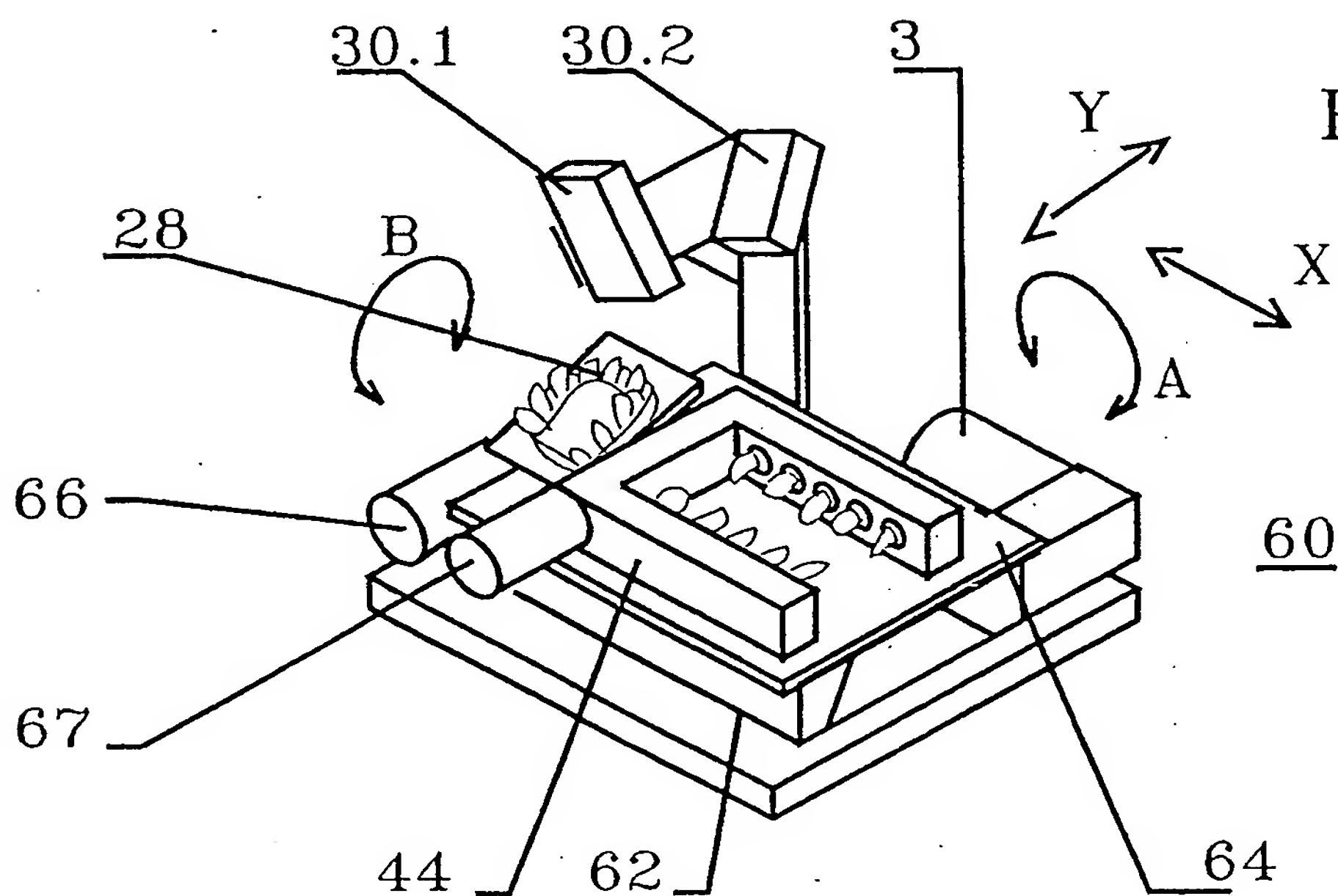
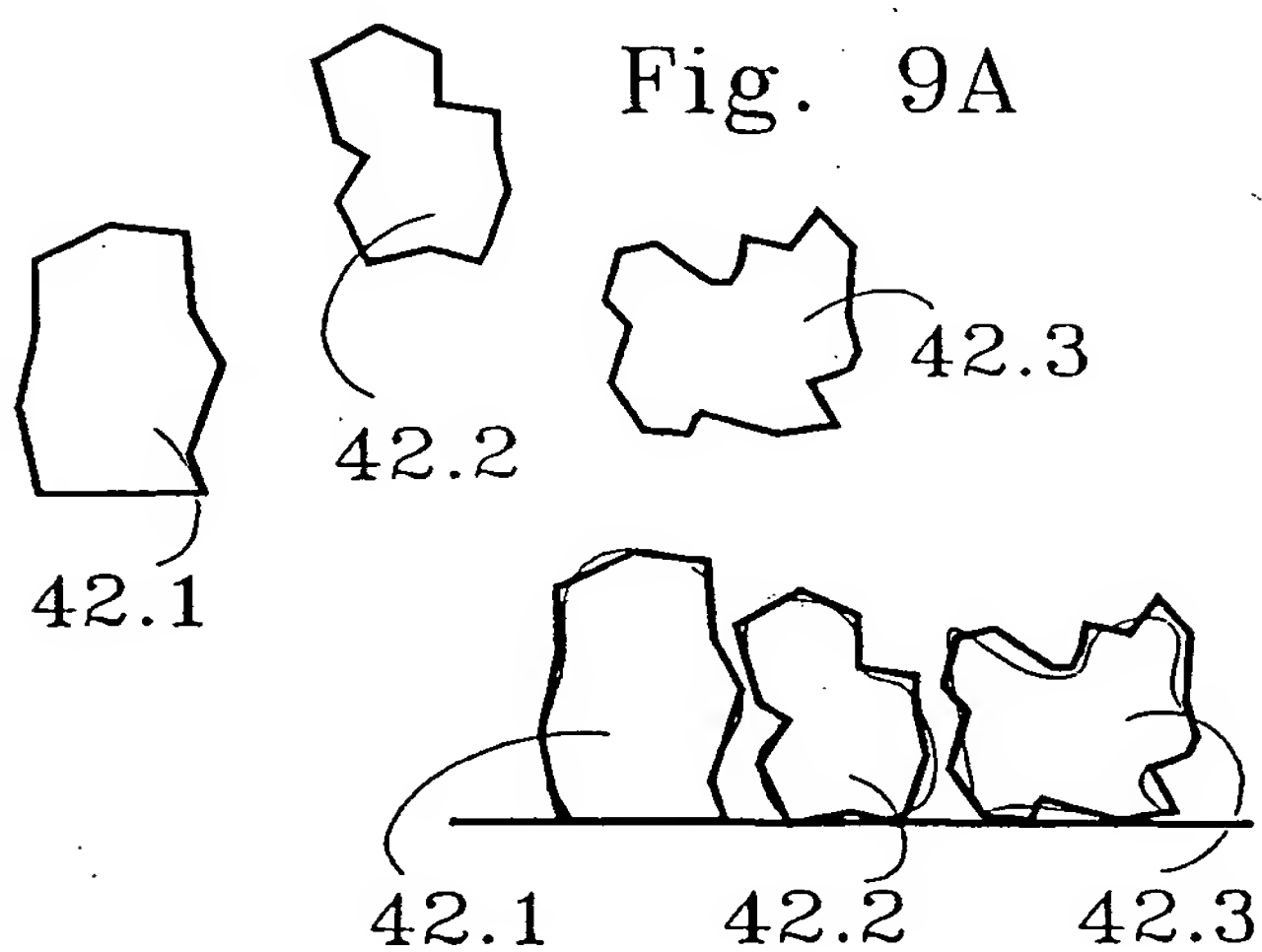
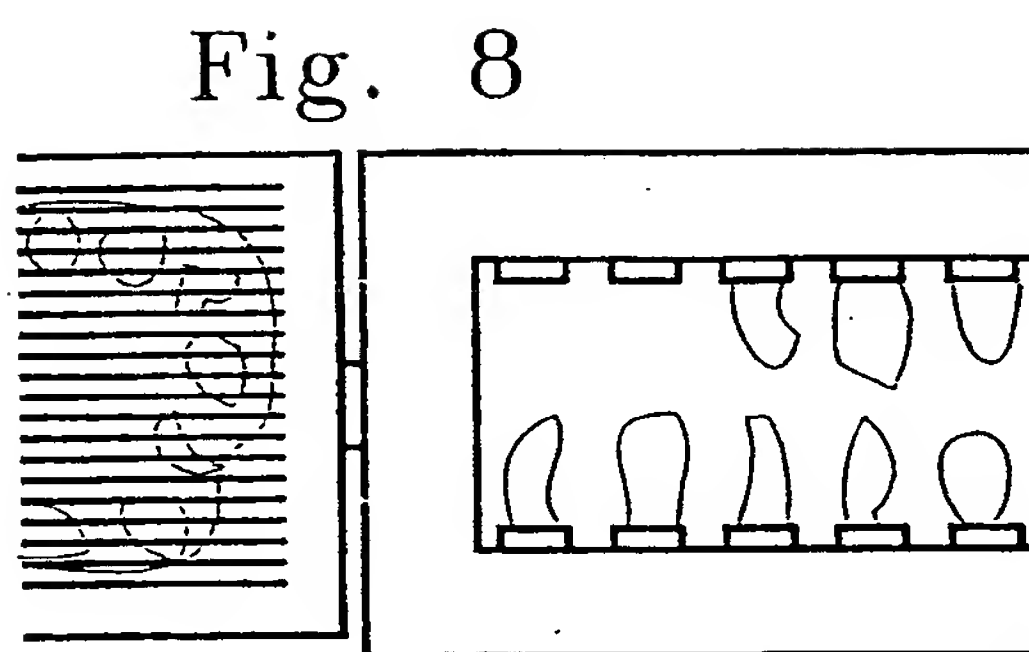
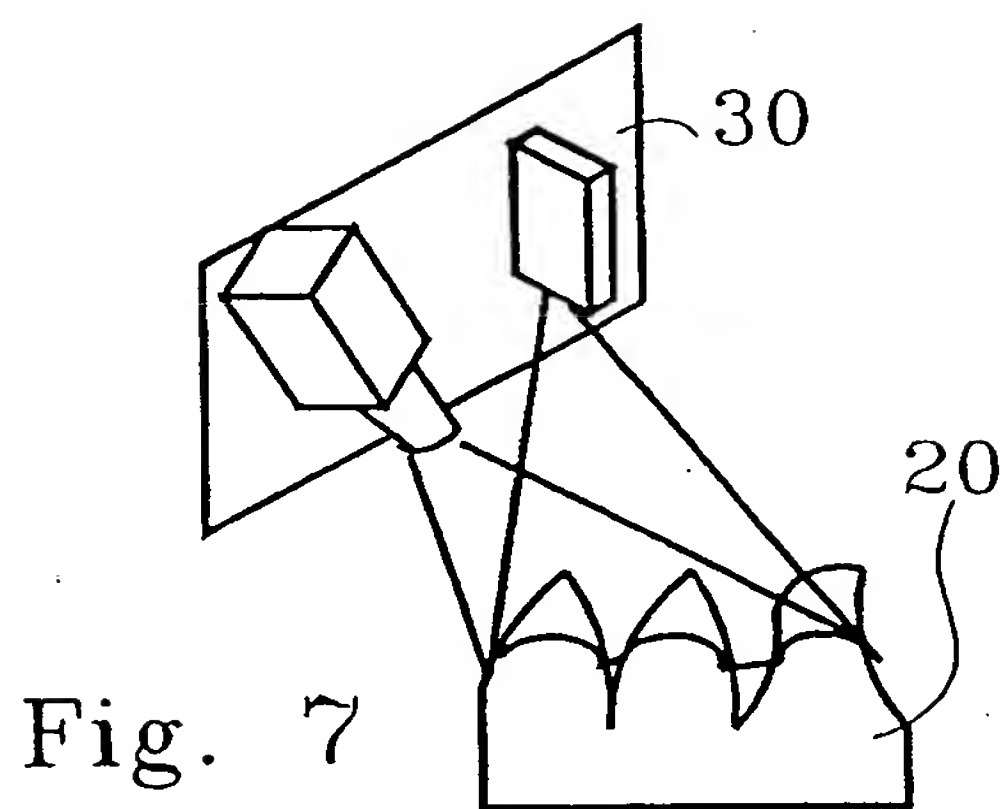


Fig. 4





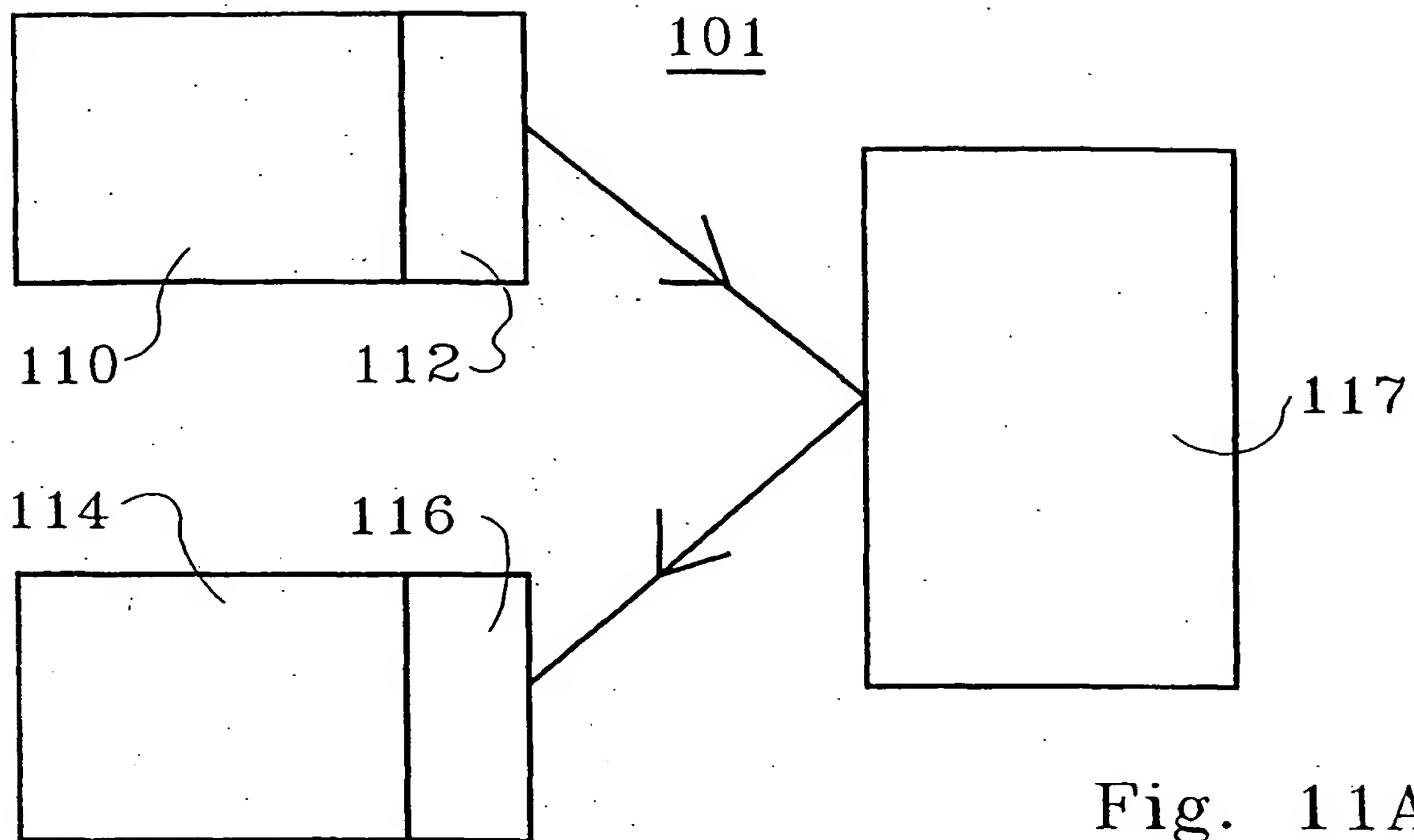


Fig. 11A

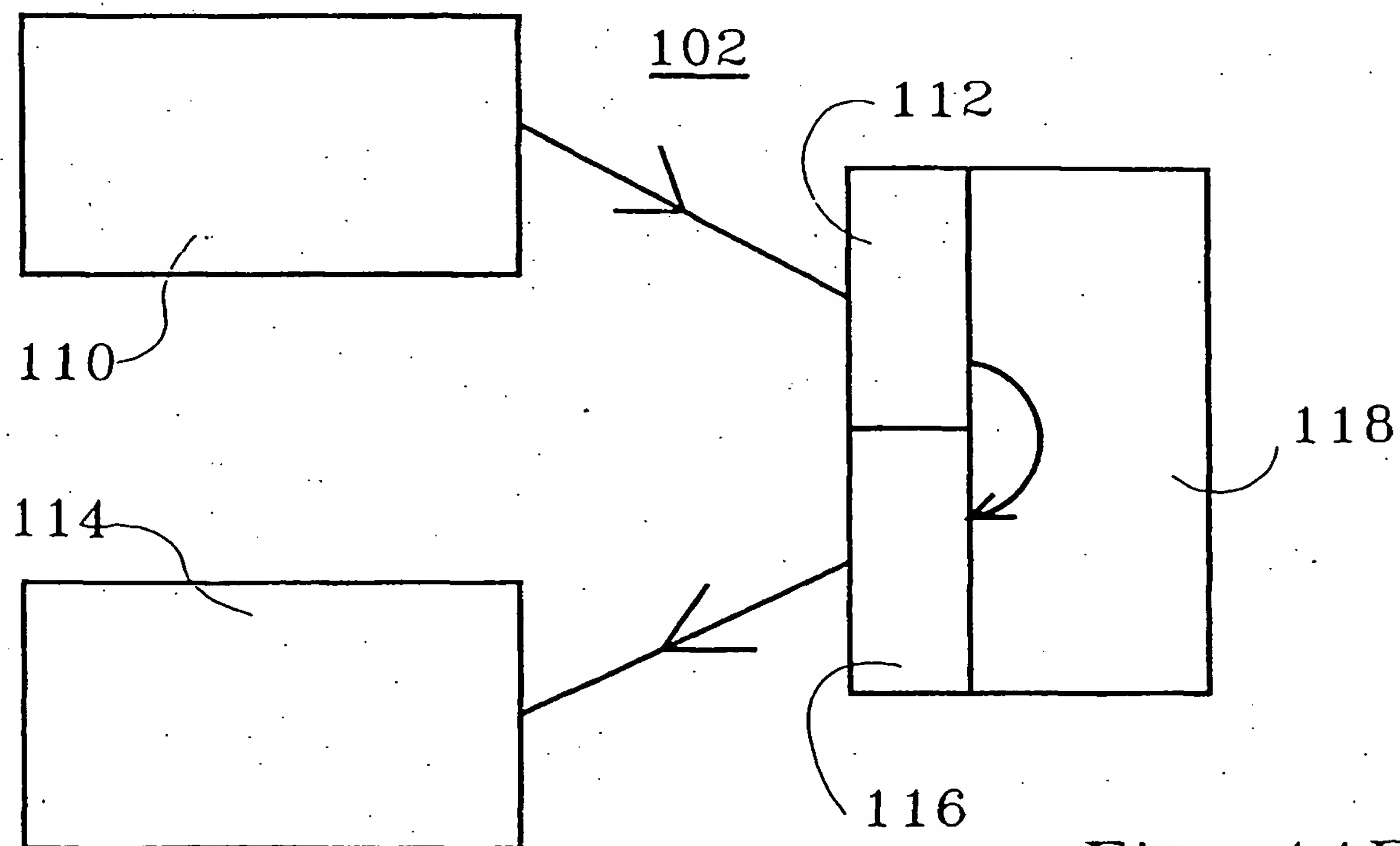


Fig. 11B

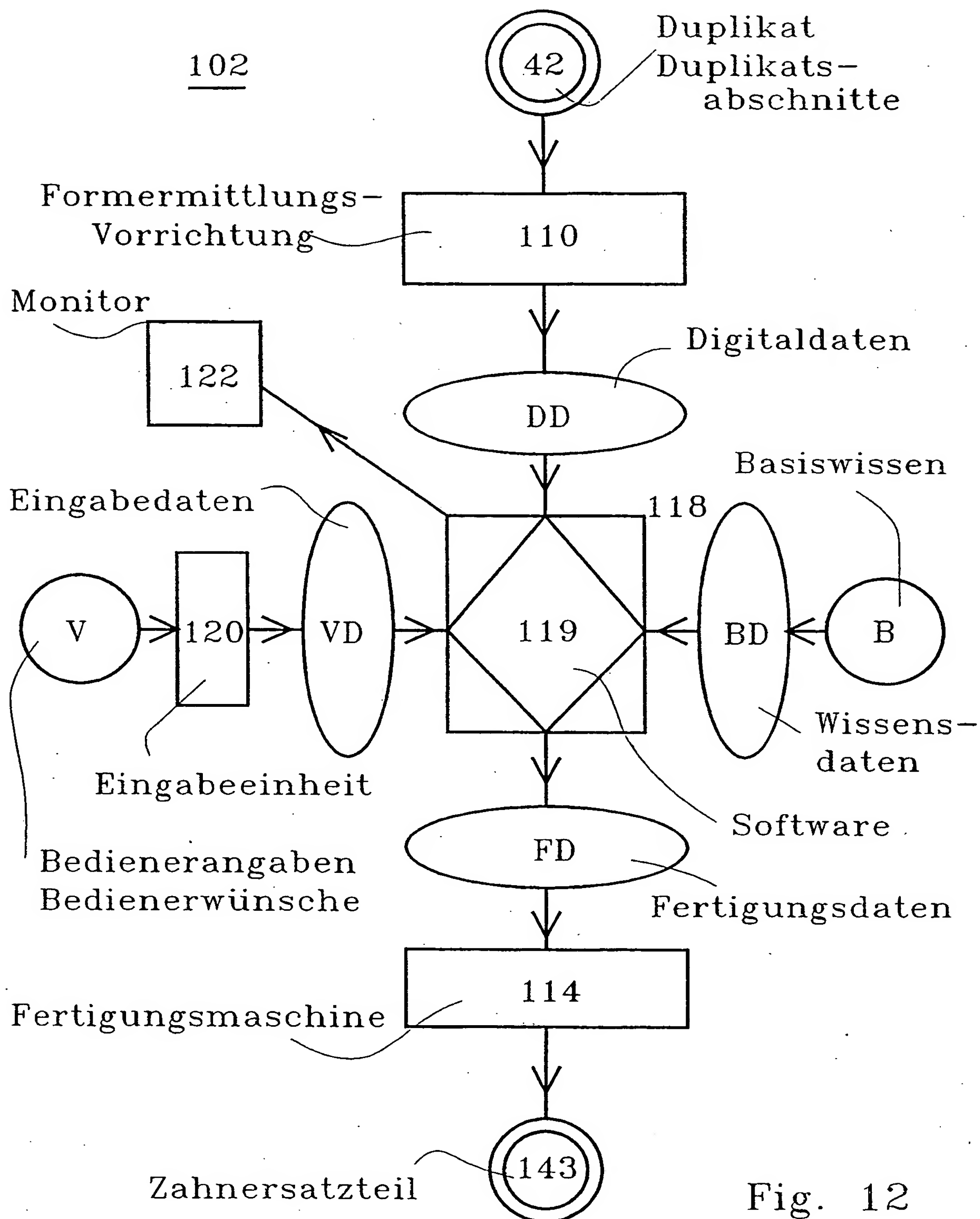


Fig. 12

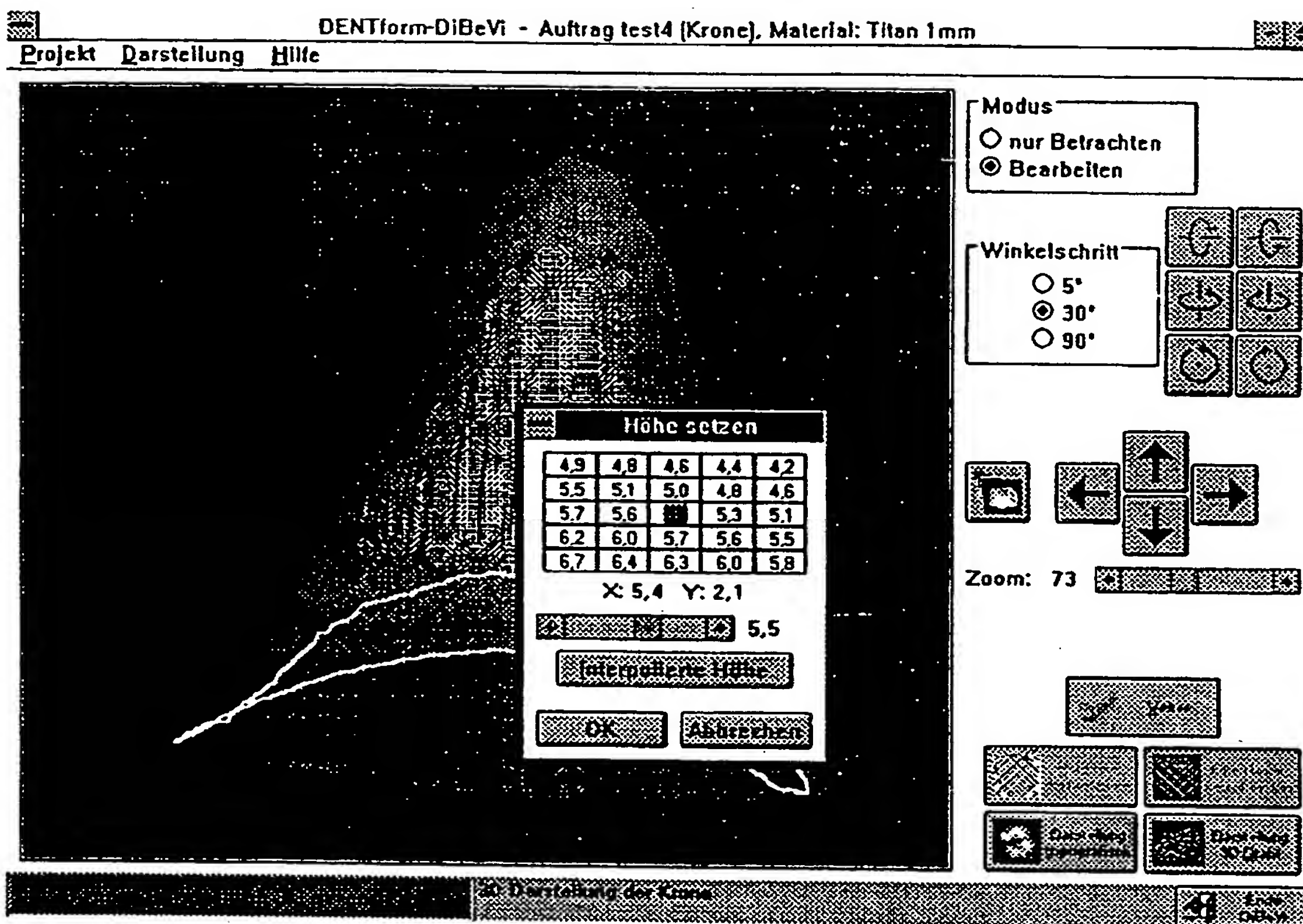


Fig. 13C

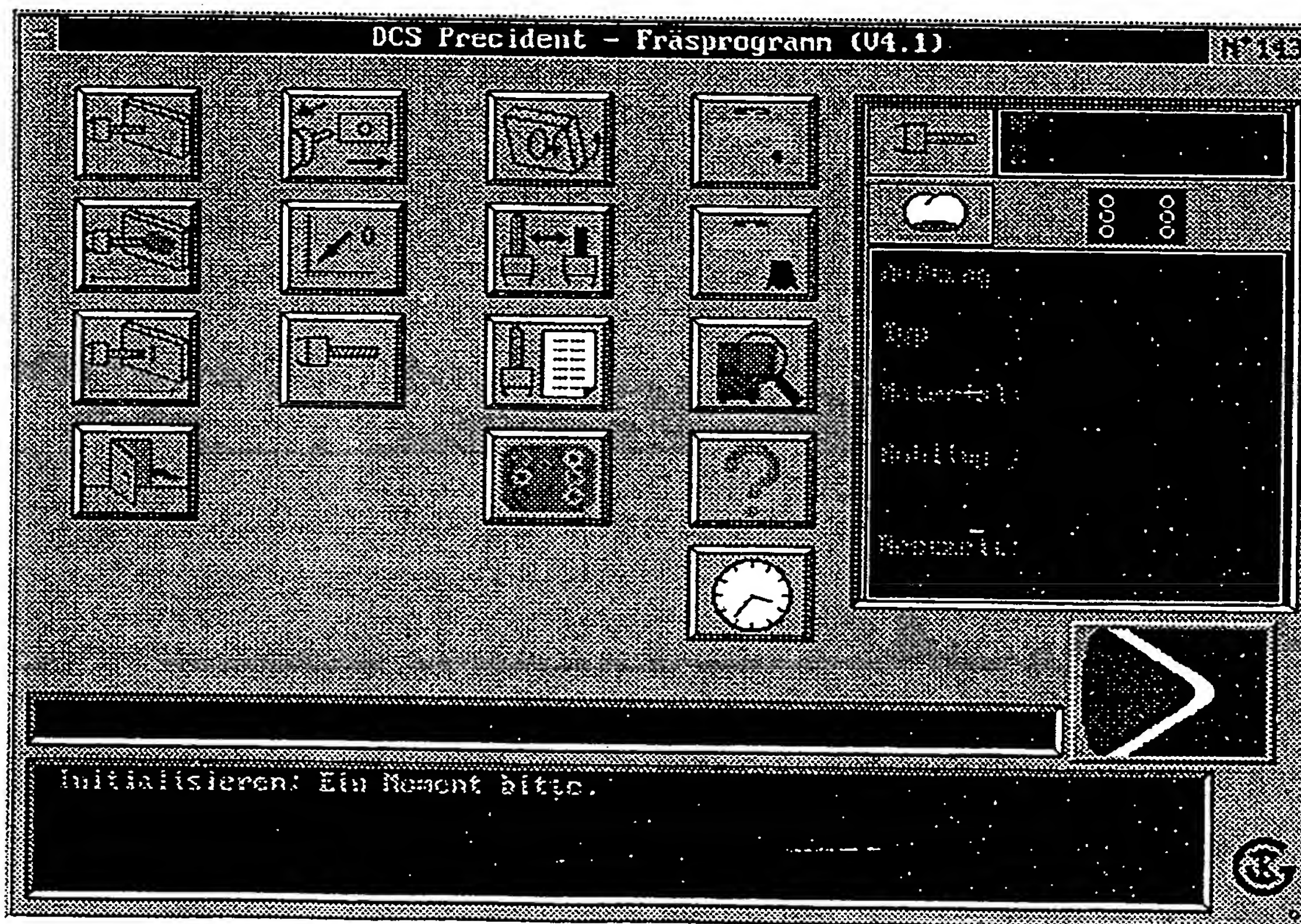


Fig. 13D

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)